

徳島県今津坂野海岸の侵食実態

宇多高明*・藤崎太郎**・山本幸次***・小田切健吏****

1. ま え が き

近年、全国各地で海岸侵食が問題となっているが、海岸侵食の主な原因は、構造物による沿岸漂砂の連続性の阻止、防波堤背後の遮蔽域への土砂の引き込み、および河川流出土砂量の減少などに分類される(宇多, 1990)。また、沿岸漂砂によって運ばれた土砂が堆積して形成される砂嘴の一部を構成する海岸は、もともと沿岸漂砂が卓越しているが故に、漂砂の連続性が断たれるとただちにしかも顕著な侵食が生ずる点において構造的に侵食が進み易い海岸として位置付けられる(宇多, 1990)。こうした砂嘴周辺での侵食は駿河湾内の三保松原に続く静岡・清水海岸で見られる(宇多ほか, 1991)。徳島県東部に位置し、紀伊水道に面する今津坂野海岸は、三保松原と同様、砂嘴地形の一部を構成しているが、ここでは侵食が進み、現在では海岸線が数多くのT字突堤と消波ブロックで覆われている。このため最近では、できるだけ自然を取り戻すためのなぎさリフレッシュ事業なども進められるようになった。こうした場合、海浜地形特性や侵食特性を明らかにすることが計画論上是非とも必要とされる。そこで本研究では、空中写真や深浅測量などの現地データをもとに、この海岸の海浜地形変化特性の分析を試みるものである。

2. 今津坂野海岸の地形と波浪条件

今津坂野海岸は徳島県東部に位置し、南を那賀川海岸に、北側を小松島港に挟まれた延長約7kmの砂礫海岸である(図-1)。この付近の海岸線は、那賀川河口より約3kmのNo. 22付近でNW方向からNNW方向へと大きく向きを変え、No. 5付近よりNW方向へ湾曲した和田ノ鼻へと続く。また、今津坂野海岸の面する紀伊水道はSE方向に開いており、太平洋からの高波浪はこの方向より入射する。今津坂野海岸および那賀川海岸沖の海底地形としては、那賀川河口部で-20m以浅の等深線

が沖に突出しているが、-24m以深では互いに平行でほぼ直線状である。一方、No. 12~No. 21の区域では広い緩斜面が発達している。これに対し、和田ノ鼻周辺の等深線間隔は非常に密で急斜面である。また、和田ノ鼻の西側に位置する小松島湾では、ほぼ平行でなだらかに湾入した等深線となっている。陸上部では、No. 5付近およびNo. 25~No. 27付近において5m以上の等高線がわずかに見られるほかは、平坦な低地が広がっている。

宇多・山本(1986)は、砂嘴周辺の海底地形データより、砂嘴周辺の地形特性を調べる上で断面形の重ね合わせ手法が有効なことを示した。そこで本研究においても同様な手法の応用を試みる。図-2は各測点より汀線に直角な測線を定め、沖合部の断面形状が重なるように断面形を重ね合わせたものである。これによると、約-2m以浅の海底勾配はいずれの測線においても約1/20でほぼ等しく、No. 21~No. 12では-6m~-8mの間で1/

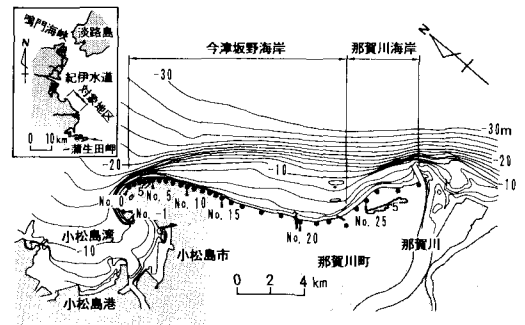


図-1 今津坂野海岸の海底地形

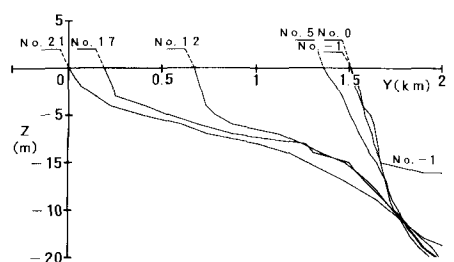


図-2 今津坂野海岸の海浜断面形の重ね合わせ

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長(前海岸研究室長)
 ** 徳島県土木部河川課
 *** 正会員 建設省土木研究所海岸研究室研究員
 **** (株)ゼックス(元建設省土木研究所海岸研究室部外研究員)

150～1/200 勾配の緩斜面が広がる。一方、和田ノ鼻に位置する測線 No. 5～No. 1 では約 1/20 の急勾配で -15 m 付近まで落ち込む。また和田ノ鼻先端の No. 1 は -10 m 付近まで No. 0 とほぼ同じ海底勾配を持つが、この測線は小松島湾を横切る方向に延びるため、水深は -11 m 以下となっている。陸上部の高さは、いずれの測線も 2～3 m である。砂嘴地形では一般に侵食域では侵食緩斜面、堆積域では土砂の落ち込みによる急斜面が形成される(宇多・山本, 1991)が、上述の断面特性は、No. 21～No. 12 が侵食域にあって侵食緩斜面が形成されたこと、また No. 5～No. 1 は土砂の堆積域にあって土砂の落ち込みにより急斜面が形成されたことをよく表わしている。図-2 とほとんど同様な結果は、瀬沼内の親沢鼻砂嘴でも見られる(宇多・山本, 1991)。侵食平坦面のスケールが図-2 の場合は約 1.2 km に対し、親沢鼻の場合は 40 m と大きく異なるが、スケールの相違にかかわらず同様な断面特性が見られる点は、上述の結果が普遍的なものであることを示している。侵食域において侵食緩斜面の沖合限界を定める水深は地形変化の限界水深にほぼ等しいので、この付近では地形変化の限界水深は 7 m 付近であると推定される。結局、那賀川の流出土砂によって三角州状の地形が形成され、それが SE 方向の波浪によって変形し、No. 12～No. 21 で侵食された土砂が小松島湾に堆積して和田ノ鼻が形成されたと推定される。

この海岸付近での波浪データとしては、那賀川河口の南東約 13 km に位置する蒲生田岬沖で 1974 年より 1981 年まで運輸省第三港湾建設局により行われた波浪観測データが利用できる。観測値より、観測期間全年の階級別の波高出現頻度を求めると図-3 となる。頻度分布図に

は、周期の区別も付けている。出現波高は 1 m 以下が約 80 % であり、最多周期は 9～11 s にある。

3. 今津坂野海岸の汀線変化

今津坂野海岸の長期的な汀線変化を地形図の比較より調べてみる。1907 年(明治 40 年)より 1972 年(昭和 47 年)まで 65 年間の汀線変化を図-4 に示す。これによると、今津坂野海岸では全域で侵食が目立っており、汀線後退量は No. 15 付近および No. 20～No. 23 付近で最大であって、約 150 m に達する。一方、和田ノ鼻の北端では約 130 m 汀線が前進し、砂嘴の先端は明らかに堆積傾向にある。また、那賀川町地先において背後のラグーンを取り囲むように砂州が発達し、汀線前進量は約 400 m に達した。図中、侵食域である No. 5～No. 23 では突堤や消波工などの侵食対策が行われ、現在ではほとんど汀線変化が生じ得ない条件となっている。しかし、那賀川河口左岸や和田ノ鼻の先端では著しい土砂堆積が生じている。以上の汀線変化は、和田ノ鼻と那賀川河口の北側隣接域で砂嘴が発達する一方、それらの中央に位置する今津坂野海岸では汀線が後退しつつあったことを示している。以下では特に汀線の前進域に着目し、汀線の変化過程を国土地理院撮影の空中写真により調べてみる。

写真-1 は那賀川地先の汀線変化過程である。1953 年では、那賀川の河口砂州はまず沖方向へ約 300 m 延びたあと、NW 方向へ屈曲し海岸線とほぼ平行に細長く NW 方向へと発達し、背後にはラグーンを抱いていた。また、砂州の先端部には複合砂嘴が発達するとともに、沿岸方向に延びた砂州の沖合には非常に浅い区域が広がっていた。一方、写真中央部にある 2 基の突堤周辺では突堤の北(左)側の汀線が南側よりも大きく突出している。こ

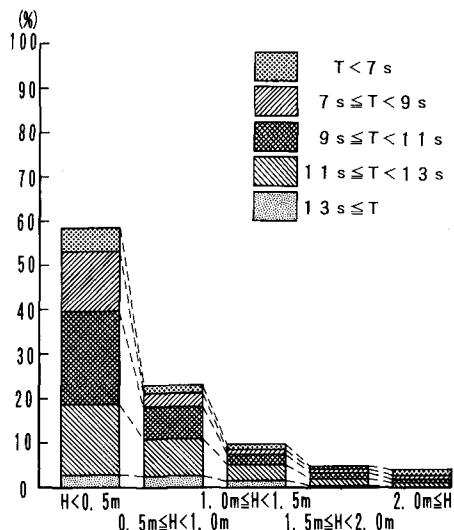


図-3 蒲生田岬沖における波浪出現頻度分布

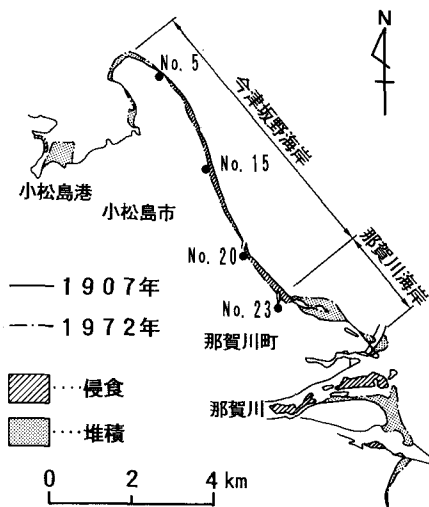


図-4 今津坂野海岸の汀線変化：1907 年～1975 年

1953年



1961年



1974年



1990年

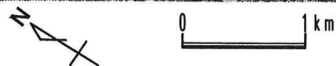


写真-1 那賀川地先における砂嘴の変形：1958年～1990年

のことは砂州の北側への発達から予想されるように、全体として北へ向いた沿岸漂砂の卓越はあるものの、少なくとも写真撮影時の前に、今津坂野海岸では南下する方向の漂砂があったことを示している。さらに、複合砂嘴の対岸には汀線の突出部分が見られるが、これは砂嘴自体が離岸堤と同様な遮蔽効果を発揮し、これにより舌状砂州が形成されたものと考えられる。1961年には砂州の幅が全体に広がり、また延長方向へも伸び、さらに河口部でこの砂州の根元を覆うような別の小さな砂嘴が沖方向に発達している。このように複雑な形状の砂嘴が発達すること自体、当時河口部が浅かったことを示している。また、写真中央部の突堤付近では1964年と比較して突堤の左右岸での汀線位置の差が明瞭ではなくなり、この付近が全体に侵食されたことがわかる。1974年には砂州の沖側汀線に沿って護岸および突堤が施工された。砂州上にある13基の突堤周辺の汀線形を調べると、特に河口寄りの突堤において各突堤の南側の汀線が北側より突出している。このことはこの写真の撮影時には明らかに北向きの漂砂が卓越していたことを示している。1961年以前には海岸線に構造物が存在しない自然海浜であったが、1956年に那賀川の中流部に長安口ダムが完成するとともに河川では砂利採取が行われ、また、1969年には那賀川河口左岸に中島港の防波堤が建設されたことにより漂砂が阻止され、砂州への供給土砂量が減少したため砂州

の侵食が始まり、対策工として護岸等が施工されたと考えられる。一方、写真中央部付近において、砂嘴が陸に接岸した付近の海岸では土砂の堆積が見られる。これは砂嘴が接岸したことにより沿岸漂砂が下手側へと流出し、堆積したものと考えられる。逆に言えば、砂嘴が延びつつある場合、砂州の汀線に沿って移動する土砂は砂嘴の形成に使われてしまい、砂嘴の先端では漂砂の連続的移動が切られること、そのため砂嘴の下手側の海岸は侵食傾向となることを示している。1990年では海岸線に沿って造られた護岸により汀線が固定され、変化はない。沖合では、砂州全体を覆うように11基の離岸堤が設置されている。また、北側の防波堤の根元付近では防波堤の回析効果により堆積が見られる。1974年の写真では見られた砂州内側の水域が1990年には消失したが、砂州は既に護岸で覆われているから、これは埋立によるものと言える。

和田ノ鼻の先端では、突堤の設置とともに突堤の下手側の砂浜が侵食されていく状況が見られる。まず写真-2には1953年2月10日の和田ノ鼻の空中写真を示す。この時期には海岸線には人工構造物はないので、人為の影響のない状態での砂嘴の発達を調べる上で役に立つ。写真-2によると、砂嘴の東側は非常に滑らかであるが、北端部では汀線形がやや歪んでおり、凹状部分がある。陸上部の地形を見ると、人家や松林がほぼ連続的につながっており、それらが浜堤上の上のっているように見える。このように考えると、砂嘴は先端部で次々と厚さを増しつつ堆積してきており、その一連の堆積過程があるため砂嘴の北端部がやや突出したと考えられる。ここでは浜堤の発達に関する詳細分析は資料不足のためできない

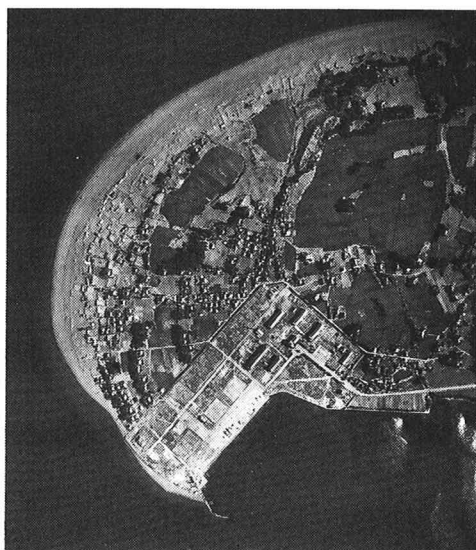


写真-2 和田ノ鼻の空中写真 (1953年2月10日撮影)

が、この点は今後検討に値する課題である。

同様に 1953 年以後の砂嘴周辺の汀線変化状況を写真-3 に示す。1961 年では和田ノ鼻の南側には突堤群が設置されたものの、砂嘴先端部周辺には突堤はほとんど施工されておらず、滑らかな汀線形をもった自然の砂浜が広がっていた。1974 年には和田ノ鼻北端まで突群堤が設置され、北端の突堤より上手側は砂浜が完全に消失している。1990 年ではさらに突堤群が設置され、和田ノ鼻北端より先端にかけてのそれぞれの突堤の上手側のみに堆砂する状況となっている。なお、1974 年と 1990 年において東側の海岸線沖に多数並んだ長方形の物は、養殖用のノリヒビである。写真-3 に示した砂嘴先端部の突堤周辺での海浜変形を汀線変化だけでなく、断面変化の点より調べるために、1992 年測量の深浅図をもとに和田ノ鼻の先端付近にある突堤 A、B (突堤位置は写真-3 に示

す) より上手・下手側にそれぞれ 15 m 離れた測線の断面形を図-5 に示す。突堤の上手側断面は実線で、下手側は破線で示す。陸上の基準点については任意性があるので、図-2 の場合と同様、沖合の断面形がほぼ重なるよう重ね合わせを行った。突堤 A ではほぼ -7 m 以深で、また突堤 B では -3 m 以深で急斜面があり、それらの形状は 2 測線ではほぼ同一である。一方、浅海域には非常に広い平坦面が広がっており、上述の沖合の急斜面とはみごとに対照を示している。砂嘴の先端部では上手側より供給された土砂が急斜面を形成しつつ落ち込んでいく。したがって突堤等の構造物がなければ海浜断面は沿岸方向にほぼ一様となる。しかし、突堤 A、B を挟む区間では漂砂の上手側では土砂が堆積し、下手側では侵食が起こる。このため図-5 に示す断面形の相違が表われた。したがって下手側の緩斜面の沖側限界を定める水深は、緩斜面が侵食により形成されたことから、その地点における地形変化の限界水深を与えると考えられる。この限界水深は突堤 A 付近では約 4 m に、B 付近では約 2 m にある。これらの突堤はいずれも土砂の堆積域にあるが、和田ノ鼻の遮蔽域に位置する突堤 B では、紀伊水道からの波浪がほぼ直接的に入射しうする突堤 A に比べ作用波高が低い

4. 今津坂野海岸の波向特性

砂嘴地形周辺の海浜変形には入射波の屈折特性が強く影響する。そこで今津坂野海岸への波浪の屈折計算を行った。一例として、紀伊水道が SSE~SE 方向に開いていることから、太平洋からの高波浪の入射方向が SE であるとし、卓越周期 (9~11 s) のうち 11 s を採用して十分沖合より波を入射させて屈折計算を行うと図-6 となる。入射波は大きく屈折し、今津坂野海岸ではほぼ直角入射に近くなる。今津坂野海岸の中央部 (No.15 付近) の 1981 年の海岸線状況を写真-4 に示す。隣合う 2 つの T 型突堤間の汀線形は、ほぼ左右対称である。これは砂浜背後の護岸線に対し波がほぼ直角入射していることを示している。以上のことから、最近では今津坂野海岸では太平洋からの高波浪はほぼ直角入射する条件に近くなっていると言える。

5. 考 察

図-1 に示した海底地形図によると、今津坂野海岸は SE 方向からの入射波に対して那賀川の河口が突出すればするほど遮蔽される位置にある。そして図-6 に示したように、太平洋から来襲する高波浪は大きく屈折し、現況の海岸線に対してほぼ直角方向より入射する。このことは過去、今津坂野海岸では図-4 に示したように汀線が後退してきたが、これはいわば入射波に対して海岸

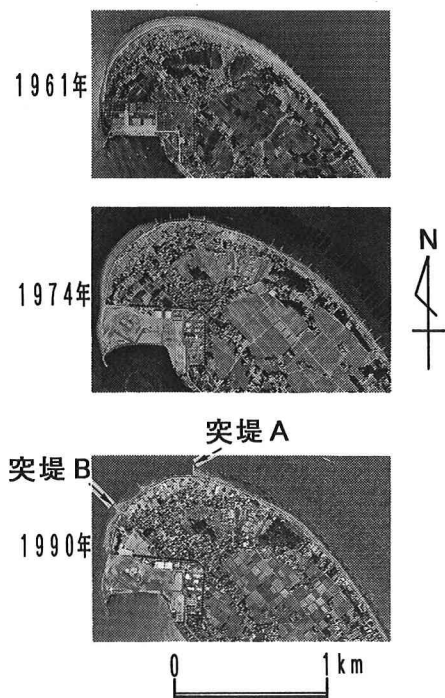


写真-3 和田ノ鼻砂嘴の空中写真の比較：1961年～1990年

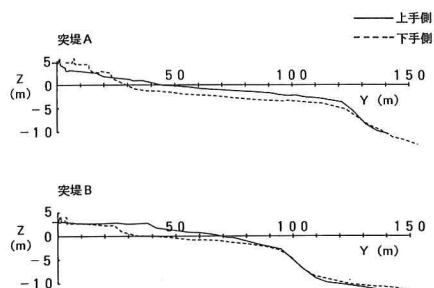


図-5 和田ノ鼻先端部の海浜断面形

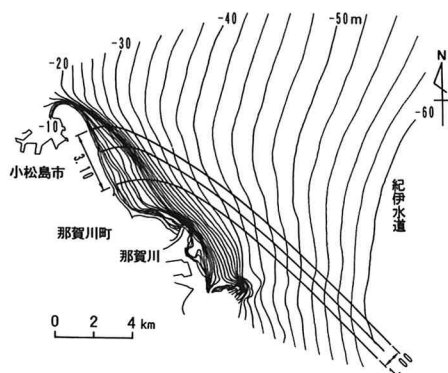


図-6 屈折図の一例 (入射方向: SE, T=11 s)

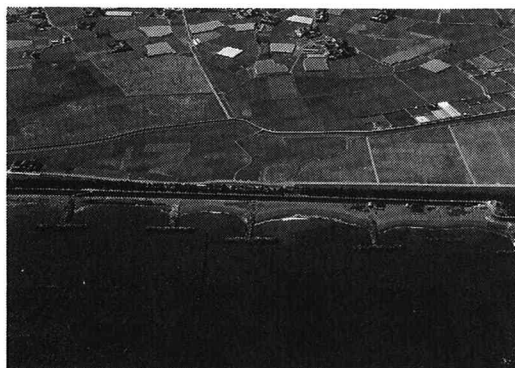


写真-4 No.15 付近の汀線状況 (1981 年撮影)

線がより安定な形状になろうと変化してきたことに等しい。今後、今津坂野海岸で養浜工などを計画する場合には上述の点をよく理解する必要があるが、全体的に見ると現況では海岸線に対しほぼ直角方向より卓越波が入射する条件に近くになっており、したがって沿岸方向への漂砂の流出を抑制する構造物を適切に造れば養浜が可能と

考えられる。ただし今津坂野海岸のうち和田ノ鼻の先端部を除く区域では地形変化の限界水深が約 7 m にあるので、養浜砂流出抑制施設の規模の検討においては、構造物の先端水深が水深 7 m よりあまり浅くならぬよう注意が必要である。

6. 結 論

本研究の主要な成果は以下に要約される。

① 和田ノ鼻砂嘴は典型的な単純砂嘴であり、その周囲の海浜断面特性や汀線形状は、砂嘴の形態に関する既存の研究結果と非常によく一致を示す。

② 1907 年より 1972 年まで 65 年間の汀線変化分析によれば、今津坂野海岸では約 100~150 m 汀線が後退し、和田ノ鼻では約 130 m 前進した。この結果、和田ノ鼻砂嘴は先端部がさらに発達をみた。

③ 那賀川海岸はもともと砂嘴として延びた砂州であったが、中島港の防波堤による漂砂の阻止により侵食傾向に転じ、対策工が設置され現在の形状となった。

④ 今津坂野海岸では波による地形変化の限界水深が約 7 m にある。また、和田ノ鼻の北端では約 4 m、砂嘴の先端では約 2 m と次第に浅くなる。これは波の屈折により砂嘴の先端へ向け、入射波の波高が低くなることに対応している。

参 考 文 献

- 宇多高明・山本幸次 (1986): 湖および湖内に発達する砂嘴地形の変形特性, 地形, Vol. 7, No. 1, pp. 1-22.
- 宇多高明 (1990): わが国の海岸侵食の現状とその問題点, 地理, 第 35 巻, 第 6 号, pp. 34-43.
- 宇多高明・山本幸次 (1991): 湖内および湾内に発達する砂嘴地形の変形特性, 土木研究所報告, 第 186 号, pp. 59-72.
- 宇多高明・山本幸次・河野茂樹 (1991): 砂嘴地形周りの海浜変形—三保松原を例として—, 地形, Vol. 12, No. 2, pp. 117-134.